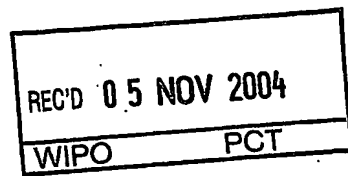


**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

103 45 410.1

**Anmeldetag:**

30. September 2003

**Anmelder/Inhaber:**

Osram Opto Semiconductors GmbH,  
93049 Regensburg/DE

**Bezeichnung:**

Strahlungsdetektor

**IPC:**

H 01 L, G 09 F, G 01 J

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 21. Oktober 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Kahle

## Beschreibung

### Strahlungsdetektor

- 5 Die Erfindung betrifft einen Strahlungsdetektor nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 beziehungsweise des Patentanspruchs 3.

Zur Detektion von Strahlung mit einer vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung, die ein Maximum bei einer vorgegebenen Wellenlänge  $\lambda_0$  aufweist, werden oftmals Strahlungsdetektoren mit einer speziell angepaßten Filteranordnung, wie beispielsweise Interferenzfiltern oder Monochromatoren verwendet. Derartige Detektoren zeichnen sich durch eine sehr  
15 gute Anpassung an die vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung aus, sind aber in ihrer Handhabung und Herstellung meist vergleichsweise aufwendig und kostenintensiv. Weiterhin haben sie oftmals einen hohen Platzbedarf, so dass sie für Anwendungen auf kleinem Raum nicht oder nur eingeschränkt benutzt werden können.  
20

Ist die vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung die des menschlichen Auges, so wird zur Detektion einfallender Strahlung mit dieser Empfindlichkeit häufig eine Silizium-Photodiode benutzt.  
25

Die Empfindlichkeit einer Photodiode hängt unter anderem von den Wellenlängen der einfallenden Strahlung ab. Für Wellenlängen, die größer als eine Grenzwellenlänge sind, ist die  
30 Empfindlichkeit zumindest nahe null, da für einfallende Strahlung in diesem Wellenlängenbereich die Energielücke des Funktionsmaterials der Diode - beispielsweise Si - größer als die Energie der einfallenden Strahlung ist und diese somit

nicht für die Erzeugung von Elektron-Loch-Paaren ausreicht. Andererseits nimmt die Empfindlichkeit im Bereich kleiner werdender Wellenlängen ab, da mitsinkender Wellenlänge die erzeugten Elektron-Loch-Paare beispielsweise wegen der Oberflächenrekombination vermehrt nicht mehr zum Photostrom beitragen. Im Zwischenbereich weist die Empfindlichkeit der Diode ein Maximum auf, das bei einer Silizium-Photodiode bei ungefähr 800 nm liegt.

Die Verwendung einer derartigen Silizium-Photodioden als Detektor mit der spektralen Empfindlichkeitsverteilung des helladaptierten menschlichen Auges, das ein Maximum der Empfindlichkeit bei etwa 555 nm aufweist, erfordert zusätzlichen Aufwand, da die Wellenlängen der Empfindlichkeitsmaxima stark voneinander abweichen und die beiden spektralen Empfindlichkeitsverteilungen deshalb vergleichsweise schlecht aneinander angepasst sind. Die Anpassung der Detektorempfindlichkeit an die Empfindlichkeitsverteilung des menschlichen Auges kann durch mehrere komplexe Filter verbessert werden. In der Summe resultiert daraus die Empfindlichkeit des menschlichen Auges.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen Strahlungsdetektor der eingangs genannten Art anzugeben, der möglichst einfach und kostengünstig herstellbar ist sowie eine gute Anpassung an die vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung, insbesondere die des menschlichen Auges, aufweist.

Für eine gute Anpassung ist es als im Rahmen der Erfindung ausreichend anzusehen, dass die Detektorempfindlichkeit weitgehend der vorgegebenen Empfindlichkeit entspricht. Eine vollständige Übereinstimmung der Empfindlichkeiten ist nicht zwingend notwendig. Es soll vielmehr eine möglichst gute An-

passung an die vorgegebene Empfindlichkeit mit einem möglichst geringen Aufwand erreicht werden.

5 Diese Aufgabe wird durch einen Strahlungsdetektor mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 beziehungsweise des Patentanspruchs 3 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Ein Strahlungsdetektor zur Detektion von Strahlung gemäß einer vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung, die ein Empfindlichkeitsmaximum bei einer vorgegebenen Wellenlänge  $\lambda_0$  aufweist, umfasst gemäß der vorliegenden Erfindung mindestens einen LED-Chip, welcher ein III-V-Halbleitermaterial enthält.

15

Das III-V-Halbleitermaterial umfasst bevorzugt das Funktionsmaterial des LED-Chips und/oder ist so gewählt, dass die Empfindlichkeit des LED-Chips in dem Bereich der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung von null verschieden ist. Die Empfindlichkeit des Chips wird dabei durch die Stärke des Photostroms bestimmt, der von einer auf den LED-Chip einfallenden Strahlung durch Generation von Elektron-Loch-Paaren im Funktionsmaterial entsteht. Die Stromstärke des Photostroms ist von der einfallenden Strahlungsleistung und  
20 der Wellenlänge der einfallenden Strahlung abhängig und liegt typischerweise in der Größenordnung von nA. Deshalb durchläuft er bevorzugt zum Zwecke besserer Signalverarbeitung oder -detektion einen Operationsverstärker.

25

30 Besonders bevorzugt besitzt der LED-Chip ein Maximum der Empfindlichkeit bei einer Wellenlänge  $\lambda_1$ , die sich möglichst wenig von der vorgegebenen Wellenlänge  $\lambda_0$  unterscheidet. Die Wellenlänge  $\lambda_0$  liegt vorteilhafterweise im Bereich der Emis-

sionswellenlänge - beispielsweise der Peak- oder der Dominantwellenlänge - des LED-Chips, die dieser bei einem Betrieb als Strahlungsemitter aussenden würde.

- 5 Es sei allerdings angemerkt, dass die Wellenlänge  $\lambda_1$  nicht notwendigerweise einem Maximum der Empfindlichkeit des LED-Chips entsprechen muß. Es kann vielmehr genügen, dass sie bei  $\lambda_1$  einen ausreichend hohen Wert annimmt, wenn beispielsweise kein geeignetes Halbleitermaterial mit einem Empfindlichkeitsmaximum bei  $\lambda_1$ , das im obigen Sinne nahe genug bei  $\lambda_0$  liegt, vorhanden ist.

- Bevorzugt ist die Differenz der Wellenlängen  $\lambda_0$  und  $\lambda_1$  dem Betrag nach kleiner als 50 nm, besonders bevorzugt kleiner als 15 nm. Der Strahlungsdetektor wird somit bereits durch eine geeignete Auswahl des LED-Chips beziehungsweise des III-V-Halbleitermaterials an die vorgegebene Empfindlichkeit angepasst.

- 20 Die vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung wird häufig so angegeben, dass sie bei der Wellenlänge  $\lambda_0$  den Wert 1 beziehungsweise 100% annimmt. Die Empfindlichkeit des LED-Chips, die vom Photostrom abhängt, wird häufig in Ampere pro Watt der einfallenden Strahlungsleistung angegeben.

- 25 Zum Vergleich der Detektorempfindlichkeit mit der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung ist deshalb zweckmäßig, die beiden Empfindlichkeiten so aneinander anzupassen, dass die vorgegebene Empfindlichkeit bei  $\lambda_0$  und die Empfindlichkeit des Detektors bei  $\lambda_1$  jeweils den Wert 100% annehmen (relative Empfindlichkeiten). Die vorliegende Beschreibung bezieht sich auf relative Empfindlichkeiten, sofern nichts anderes angegeben ist.
- 30

Bei der Erfindung ist es vorgesehen, dass zur Voranpassung der Detektorempfindlichkeit an die vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung LED-Chips eingesetzt werden können, wie sie in handelsüblichen LEDs verwendet werden, die ein III-V-Halbleitermaterial als Funktionsmaterial besitzen. Der Aufwand und die damit verbundenen Kosten, die eine spezielle Herstellung eines neuen Chips für einen Detektor mit sich bringt werden dadurch vorteilhaft vermieden.

Abhängig von der Wellenlänge  $\lambda_0$  können beispielsweise LED-Chips herangezogen werden, die  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$ ,  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$  oder  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{As}$ , jeweils mit  $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$  und  $x+y \leq 1$ , als III-V-Halbleitermaterial enthalten.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist dem LED-Chip mindestens ein optischer Filter nachgeordnet, der die Anpassung der Detektorempfindlichkeit an die vorgegebene Empfindlichkeitsverteilung verbessert. Dies geschieht beispielsweise durch Absorption von Wellenlängen aus der einfallenden Strahlung, für die die Empfindlichkeit des LED-Chips höher als die der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung ist.

Ein derartiger Filter absorbiert bevorzugt Wellenlängen, die größer als  $\lambda_0$  sind und kann zumindest teilweise innerhalb, außerhalb und/oder auf einer den LED-Chip zumindest teilweise umgebenden Umhüllung angeordnet sein. Weiterhin kann auch das Umhüllungsmaterial selbst den optischen Filter bilden oder Teil dieses Filters sein.

Der optische Filter umfasst bevorzugt eine Mehrzahl von Filterpartikeln, die besonders bevorzugt in der Umhüllung ange-

ordnet sind und beispielsweise organische Farbstoffe enthalten.

5 Auch kann der optische Filter, beispielsweise in Form einer Filterfolie oder eines Filtermaterials auf der Umhüllung und/oder einer Filterstruktur außerhalb der Umhüllung vorgesehen sein.

Beispiele für Umhüllungsmaterialien sind Reaktionsharze, bevorzugt Acryl- Epoxid- oder Silikonharze oder eine Mischung aus diesen Materialien.

15 Derartige Materialien werden in der Halbleitertechnik oftmals zur Umhüllung von LED-Chips benutzt. Bei LEDs, die als herkömmliche Strahlungsemitter ausgebildet sind, ist das Umhüllungsmaterial der Chips für die emittierte Strahlung weitgehend durchlässig. Im Rahmen der Erfindung jedoch kann ein Strahlungsdetektor eine Filteranordnung der oben genannten Art umfassen, die gerade Wellenlängen absorbiert, die vom  
20 LED-Chip in der Funktion als Strahlungsemitter erzeugt würden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung enthält der LED-Chip mindestens eine Filterschicht. Diese Filterschicht ist bevorzugt auf der Oberfläche des Chips angeordnet. Mit Vorteil absorbiert die Filterschicht Wellenlängen  
25 die kleiner sind als die Wellenlänge  $\lambda_0$  der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung, wodurch die Anpassung der Detektorempfindlichkeit an die vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung, insbesondere auf der kurzwelligen  
30 Seite, weitergehend verbessert wird.

Vorzugsweise ist die Filterschicht in der Form einer Passivierungs-, Deck- und/oder Schutzschicht ausgeführt, wie sie zum Beispiel bereits in handelsüblichen LED-Chips enthalten ist. Die Filterschicht ist dabei so ausgeführt, dass einfallende Strahlung mit einer Wellenlänge die kleiner als  $\lambda_0$  ist derart absorbiert wird, dass die Anpassung der Detektorempfindlichkeit an die vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung weiter verbessert wird. Derartige Schichten weisen in der Regel eine Energielücke auf, die größer als die Energielücke der aktiven Zone des LED-Chips ist. Diese Schichten sind für die von der LED erzeugten Strahlung weitgehend durchlässig und schützen das Funktionsmaterial beispielsweise vor nachteiligen äußeren Einflüssen.

Die Detektorempfindlichkeit ist dabei durch die Filterschicht bevorzugt so beeinflusst, dass bei einer beliebigen Wellenlänge kleiner als  $\lambda_0$  die Differenz der Detektorempfindlichkeit und der vorgegebenen Empfindlichkeit kleiner als 25%, besonders bevorzugt kleiner als 15% ist.

20

Mit besonderem Vorteil muss die Detektorempfindlichkeit für Wellenlängen kleiner als  $\lambda_0$  nicht mehr zusätzlich durch optische Filter die außerhalb des LED-Chips angeordnet sind an die vorgegebene Empfindlichkeit angepasst werden. Die Anpassung kann vielmehr durch die im LED-Chip enthaltene Filterschicht geschehen.

Die Filterung für Wellenlängen kleiner als  $\lambda_0$  kann auch durch einen optischen Filter der oben genannten Art erreicht werden, der außerhalb des LED-Chips, beispielsweise in der Umhüllung angeordnet ist. Ist eine Filterschicht der oben genannten Art aber bereits im LED-Chip vorgesehen, werden der



Herstellungsaufwand und die Herstellungskosten des Strahlungsdetektors verringert.

5 In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist bei einer beliebigen Wellenlänge die Differenz der Detektorempfindlichkeit und der vorgegebenen Empfindlichkeit kleiner als 40%, bevorzugt kleiner als 25%. Besonders vorteilhaft ist dafür die Kombination einer Filterschicht auf dem LED-Chip mit einem nachgeordneten optischer Filter, der oben genannten Art. Derartige Detektoren weisen verglichen mit anderen Detektoren einen geringen Platzbedarf und eine gute Anpassung an die vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung auf.

15 Besonders bevorzugt ist bei einer Wellenlänge in einem Spektralbereich, der das Maximum  $\lambda_0$  der vorgegebenen Empfindlichkeit enthält die Differenz der Detektorempfindlichkeit und der vorgegebenen Empfindlichkeit kleiner als 15%.

20 Zur Anpassung der Empfindlichkeiten kann folgendermaßen vorgegangen werden. Der LED-Chip wird zuerst so ausgewählt, dass seine Empfindlichkeit gut an die vorgegebene Empfindlichkeit vorangepasst ist.

25 Diese Voranpassung kann entweder bezüglich der Flanken - den Wellenlängenbereichen größer oder kleiner  $\lambda_0$  - der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung oder deren Maximum, beispielsweise durch die Auswahl eines geeigneten LED-Chips, geschehen.

30

Zur weiteren Anpassung dienen die Filter - dem LED-Chip nachgeordnete optische Filter oder Filterschichten -, die insbesondere in dem Wellenlängenbereich absorbieren, in denen der

LED-Chip eine höhere Empfindlichkeit als die vorgegebene Empfindlichkeitsverteilung besitzt.

Da LED-Chips häufig im Bereich ihrer Emissionswellenlänge die  
5 höchste Empfindlichkeit aufweisen, sei angemerkt, dass solche Filter bei einer herkömmlichen LED als Strahlungsemitter die Strahlungsausbeute verringern würden. Dies gilt insbesondere für optische Filter die in der Umhüllung des LED-Chips angeordnet sind. Eine derartige Umhüllung ist somit nicht mit der Umhüllung eines herkömmlichen LED-Chips als Strahlungsemitter vergleichbar.

Bevorzugt ist die Differenz der Werte der Detektorempfindlichkeit und der vorgegebenen Empfindlichkeit bei einer vor-  
15 gegebenen Wellenlänge für Empfindlichkeitswerte größer als 50 % kleiner als 25%, besonders bevorzugt kleiner als 15%.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung die  
20 des menschlichen Auges mit einem Maximum bei der Wellenlänge  $\lambda_0'$ . Diese Wellenlänge liegt gewöhnlich für ein helladaptiertes Auge (Tagsehen) bei ungefähr 555 nm und für ein dunkeladaptiertes Auge (Nachtsehen) bei ungefähr 500 nm.

25 LED-Chips mit einer Emissionswellenlänge im roten Spektralbereich sind für diese vorgegebene Empfindlichkeit besonders geeignet, da sie trotz ihrer roten Emissionswellenlänge eine hohe Empfindlichkeit bei den oben genannten Wellenlängen aufweisen können. Ein für die Empfindlichkeitsverteilung des  
30 helladaptierten Auges vorteilhaftes Halbleitermaterial ist  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$ , da ein auf diesem Material basierender LED-Chip je nach der genauen Zusammensetzung ein Maximum der Empfindlichkeit aufweisen kann, das im Bereich der oben angeführten

Wellenlänge liegt. Durch optische Filter und Filterschichten der oben genannten Art, kann die Detektorempfindlichkeit weiter an die Augenempfindlichkeit angepasst werden.

- 5 Weiterhin kann der Strahlungsdetektor als oberflächenmontierbares Bauelement ausgebildet sein.

Erfindungsgemäße Strahlungsdetektoren werden vorzugsweise zur Steuerung und/oder Einflussnahme auf Vorrichtungen, deren Funktionsweise, Funktionszeitraum Wahrnehmung und/oder Anwendung mit der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung in Verbindung steht verwendet.

- 15 Beispiele hierfür sind die Steuerung der Helligkeiten von Beleuchtungseinrichtung und Anzeigen, sowie des Ein- und/oder Ausschaltzeitpunkts von Beleuchtungseinrichtungen. Solche Beleuchtungseinrichtungen können als Innen- und Aussenraumbeleuchtungen für Wohnungen, Straßen oder Autos sowie die Hinterleuchtungseinrichtungen von Displays, wie Handydisplays, Autodisplays oder LCD-Bildschirmen realisiert sein. Für die  
20 letztgenannten Anwendungen ist ein geringer Platzbedarf des Strahlungsdetektors von besonderem Interesse.

- Bei den genannten Verwendungen der Erfindung ist die vorgegebene Empfindlichkeit bevorzugt die des menschlichen Auges gegeben. Somit werden etwa die Helligkeiten der genannten Beleuchtungseinrichtungen können damit - durch Erhöhung oder Erniedrigung der Helligkeit - vorteilhaft entsprechend der Wahrnehmung durch das menschliche Auge gesteuert.


30

Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Verwendung eines derartigen Strahlungsdetektors als Umgebungslichtsensor. Die vor-

gegebene Empfindlichkeit ist auch hier mit Vorzug durch die des menschlichen Auges gegeben.

Weitere Merkmale, Vorteile und Zweckmäßigkeiten der Erfindung  
5 ergeben sich aus den Beschreibungen der folgenden Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den folgenden Figuren.


Es zeigen

 Figur 1a und Figur 1b eine schematische Schnittansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Strahlungsdetektors sowie eine schematische Schnittansicht eines Teiles eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Strahlungsdetektors;

15

Figur 2 schematisch die spektrale Verteilung der Detektorempfindlichkeiten eines dritten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Strahlungsdetektors mit verschiedenen optischen Filtern und die vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung des menschlichen helladaptierten Auges, die bezüglich der Empfindlichkeitswerte auf die Empfindlichkeit des Chips bezogen ist;

20

 Gleichartige und gleich wirkende Elemente besitzen in den Figuren gleiche Bezugszeichen.

In der Figur 1a ist eine schematische Schnittansicht eines LED-Chips 1 dargestellt, wie er in einem erfindungsgemäßen Strahlungsdetektor verwendet werden kann. Der Chip 1 weist  
30 eine Schicht aus einem Funktionsmaterial 2 auf, die beispielsweise das III-V-Halbleitermaterial InGaAlP enthält und von Confinementschichten begrenzt wird. Derartiges Halblei-

termaterial zeichnet sich durch eine hohe Quanteneffizienz aus und wird häufig in Leuchtdioden, wie beispielsweise der Diode mit der Typenbezeichnung F 1998 A (Hersteller Osram Opto Semiconductors GmbH), benutzt. Diese LED hat eine Emissionsswellenlänge im roten Spektralbereich von ungefähr 630 nm.

Der Funktionsschicht 2 ist eine Filterschicht 3 nachgeordnet, die einfallende Strahlung mit Wellenlängen, die kleiner sind als die der Energielücke der Funktionsschicht 2 entsprechenden Wellenlänge, absorbiert. Diese Filterschicht ist bei dem LED-Chip, wie er in der F 1998 A verwendet wird, bereits vorgesehen und hat in der dortigen LED in der Funktion als Strahlungsemitter beispielsweise die Funktion einer Schutz- und/oder Deckschicht, die schädlichen äußeren Einflüssen auf den LED-Chip vorbeugen kann.

Figur 1b zeigt eine schematische Schnittansicht eines Teiles eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Strahlungsdetektors. Der LED-Chip 1 aus Figur 1a ist in einer Umhüllung 4 angeordnet, die ein Reaktionsharz enthält. Dieses Reaktionsharz ist bevorzugt mit organischen Farbstoffpartikeln 5 versehen, die spektrale Teilbereiche der einfallenden Strahlung absorbieren können und somit als optischer Filter wirken. Weiterhin ist der LED-Chip mit einem Bondpad 6 und einer Elektrode 7 zur elektrischen Kontaktierung des LED-Chips versehen. Über den mit der Elektrode 7 verbundenen externen elektrischen Anschluss 8 und einen mit dem Bonddraht 9 verbundenen weiteren externen Anschluss, der in der Figur 1b nicht dargestellt ist, kann ein von einer einfallenden Strahlung in der Funktionsschicht erzeugter Photostrom, eventuell über einen Operationsverstärker, gemessen werden. Die Abhängigkeit des Photostroms von der einfallenden Strahlungsleistung und der Wellenlänge der Strahlung bestimmt die Empfind-

lichkeit eines Strahlungsdetektors, der eine derartige Struktur mit dem LED-Chip 1, der die Filterschicht 3 aufweist, und der Umhüllung 4, in der die Farbstoffpartikel 5 angeordnet sind, umfasst.

5

Ein derartiger Strahlungsdetektor kann kostengünstig hergestellt werden, da LED-Chips Verwendung finden, wie sie in herkömmlichen als Strahlungsemitter ausgebildeten LEDs benutzt werden. Unterschiede zwischen diesen Detektoren und LEDs bestehen in der Beschaffenheit des Umhüllungsmaterials. Während bei LEDs das Umhüllungsmaterial für die erzeugte Strahlung durchlässig ist, kann es im Falle des Strahlungsdetektors mit dem LED-Chip erwünscht sein, dass die Umhüllung 4 mit den Filterpartikeln 5 gerade Wellenlängen aus dem Bereich, in dem der LED-Chip emittieren würde, absorbiert, um die Anpassung der Detektorempfindlichkeit an die vorgegebene Empfindlichkeit vorteilhaft zu verbessern.

15

Aus Figur 2 wird deutlich, wie die Detektorempfindlichkeit durch optische Filterung, beispielsweise in der Umhüllung des LED-Chips, an die spektrale Empfindlichkeitsverteilung des menschlichen Auges angepasst wird.

20

In der Figur 2 sind schematisch die spektralen Verteilungen der relativen Detektorempfindlichkeiten 10, 11 und 12 erfindungsgemäßer Strahlungsdetektoren mit verschiedenen optischen Filtern und die vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung 14 des menschlichen helladaptierten Auges in Abhängigkeit von der Wellenlänge  $\lambda$  der einfallenden Strahlung dargestellt. Die Empfindlichkeit S ist dabei in Prozent angegeben.

30

Die Strahlungsdetektoren enthalten jeweils einen LED-Chip, wie er beispielsweise in der LED F 1998 A (Hersteller Osram

Opto Semiconductors GmbH), verwendet wird. Der LED-Chip hat eine Emissionswellenlänge im roten Spektralbereich von ungefähr 630 nm und enthält InGaAlP als Funktionsmaterial. Die dargestellten relativen Empfindlichkeitsverteilungen 10, 11 und 12 der Detektoren sind für einen Lichteinfall von der Seite der Filterschicht 3 her angegeben, die, wie in Figur 1a oder 1b dargestellt, der Funktionsschicht 2 des LED-Chips 1 nachgeordnet ist. Alle Kurvenverläufe 10, 11 und 12 der Detektorempfindlichkeiten weisen ein Empfindlichkeitsmaximum bei  $\lambda_1 \approx 560$  nm auf. Die diesen Kurven entsprechenden Detektoren unterscheiden sich in den dem LED-Chip 1 nachgeordneten optische Filteranordnungen. Der der Empfindlichkeitsverteilung 10 entsprechende Detektor ist ohne eine dem LED-Chip 1 nachgeordnete Filteranordnung ausgeführt, während bei den Verteilungen 11 und 12 eine 1 mm beziehungsweise 2 mm dicke filternde Umhüllung um den LED-Chip vorgesehen ist. Die filternde Umhüllung ist beispielsweise wie in Figur 1b ein Reaktionsharz, das zum Beispiel grüne organische Farbstoffe aufweist.

20

Die relative spektrale Empfindlichkeitsverteilung eines helladaptierten menschlichen Auges ist bei  $\lambda_0 \approx 555$  nm maximal und in der Figur 2 durch eine gepunktete Kurve 14 dargestellt. Im Zweifel kann im Rahmen der Erfindung die Augenempfindlichkeitsverteilung nach der entsprechenden DIN herangezogen werden.

25

Weiterhin sind in der Figur 2 Wellenlängen  $\lambda_a$ ,  $\lambda_b$ ,  $\lambda_c$ ,  $\lambda_d$  und  $\lambda_e$  dargestellt, die verschiedene Bereiche der gezeigten Empfindlichkeitsverteilungen kennzeichnen.

30

Im Wellenlängenbereich zwischen ungefähr  $\lambda_a$  und  $\lambda_1$  stimmen die Empfindlichkeiten 10, 11 und 12 schon gut mit der Au-

genempfindlichkeit 14 überein, was durch die Filterschicht 3 erreicht wird, die einfallende Strahlung in diesem Wellenlängenbereich absorbieren kann und dadurch die Anpassung der Detektorempfindlichkeit 10, 11, 12 an die Augenempfindlichkeit 14 vorteilhaft beeinflusst.

Die Detektor- und die Augenempfindlichkeit weichen bezüglich ihrer Wellenlängen bei einem gemeinsamen Wert der Empfindlichkeit in diesem Wellenlängenbereich bevorzugt um weniger als 30 nm besonders bevorzugt weniger als 15 nm voneinander ab.

Weiterhin ist die Differenz der Empfindlichkeitswerte der Augen- und der Detektorempfindlichkeit bei einer vorgegebenen Wellenlänge in diesem Bereich kleiner als 15%.

Für  $\lambda < \lambda_a$  allerdings fallen die Detektorempfindlichkeiten 10, 11, 12 im Gegensatz zur Augenempfindlichkeit 14 deutlich stärker ab und sind bereits für Wellenlängen kleiner als ungefähr  $\lambda_b$  zumindest nahe null. Eine Ursache dafür kann die Oberflächenrekombination von Elektron-Loch-Paaren sein, da diese Paare nicht mehr zum Photostrom beitragen können. Auch für Wellenlängen größer als ungefähr  $\lambda_c$  fallen die Detektorempfindlichkeiten stärker als die Augenempfindlichkeit ab, da die Energie der einfallenden Strahlung für Wellenlängen größer als  $\lambda_c$  nicht mehr für die Generation von Elektron-Loch-Paaren ausreicht.

Die Kurve 10 zeigt neben dem Empfindlichkeitsmaximum 13 noch weitere lokale Maxima 151 und 161. Diese liegen im Bereich um die Emissionswellenlänge des LED-Chips, die bei ungefähr 630 nm liegt. Wie der Kurve 10 zu entnehmen ist, weicht die Detektorempfindlichkeit für  $\lambda > \lambda_0$  in ihrem gesamten Verlauf



noch relativ stark - die maximale Differenz der Empfindlichkeitswerte beträgt ungefähr 70% - von der Augenempfindlichkeit ab.

- 5 Für manche Anwendungen eines derartigen Strahlungsdetektors, insbesondere für Anwendungen die auf Wellenlängen kleiner als  $\lambda_0$  abzielen, kann diese Anpassung an die Augenempfindlichkeit bereits ausreichend sein. Dies ist besonders dann von Vorteil, wenn der Detektor für Anwendungen auf kleinem Raum vorgesehen ist und eine relativ dicke filternde Umhüllung die Bauteilgröße nachteilig erhöht.

Eine derartige Anpassung kann, wie oben ausgeführt, bereits durch die geeignete Auswahl des Halbleitermaterials, beziehungsweise des LED-Chips, erreicht werden.

15

- Um die Anpassung der Detektorempfindlichkeit an die Augenempfindlichkeit zu verbessern, ist bei den den Kurven 11 und 12 entsprechenden Detektoren eine Umhüllung vorgesehen, die aus der einfallenden Strahlung Wellenlängen größer als 555 nm - insbesondere im roten Spektralbereich des lokalen Maximums 151 bei ungefähr 630 nm - absorbiert.
- 20

Die Dicke der Umhüllung bestimmt die in ihr absorbierte Strahlungsleistung der einfallenden Strahlung und damit den erzeugten Photostrom und die Detektorempfindlichkeit.

25

- Verglichen mit der Detektorempfindlichkeit 10 wird die Anpassung an die Augenempfindlichkeit 14 durch eine 1 mm dicke grüne Umhüllung wie der dargestellten Detektorempfindlichkeit 11 entnommen werden kann, weiter deutlich verbessert. Das lokale Maximum 151 der Kurve 10 entspricht der Schulter 152 in der Kurve 11 und ist durch die Absorption in der Umhüllung
- 30

stark abgeflacht. Das lokale Maximum 161 ist in Form des Maximums 162, das wegen der Absorption in der Umhüllung einen geringeren Empfindlichkeitswert als das lokale Maximum 161 besitzt, noch vorhanden.

5

Wird eine 2 mm dicke grüne Umhüllung vorgesehen, ist die Anpassung der entsprechenden Detektorempfindlichkeit 12 an die Augenempfindlichkeit 14 wegen der höheren absorbierten Strahlungsleistung noch weiter verbessert. Auch hier bleibt das lokale Maximum 162 in Form des Maximums 163 erhalten. Das ursprüngliche Maximum 151 ist bei 153 so stark abgeflacht, dass es nicht mehr erkennbar ist.

Bei einer vorgegebenen Wellenlänge ist hierbei die Differenz der entsprechenden Detektor- und Augenempfindlichkeitswerte kleiner als 25%.

20

Für Werte der Empfindlichkeit  $S$  - größer als ungefähr 50% - ist der Detektor sehr gut an die Augenempfindlichkeit angepasst und die Differenz der Detektor- und der Augenempfindlichkeitswerte kleiner als ungefähr 10%. Eine derartige Anpassung an die Augenempfindlichkeit kann für Anwendungen ausreichend sein, da dies gerade der Bereich ist, in dem das Auge am empfindlichsten ist.

25

Zwischen ungefähr  $\lambda_e$  und  $\lambda_c$  weicht die Detektorempfindlichkeit 12 noch relativ stark von der Augenempfindlichkeit 14 ab. Würde im Strahlungsdetektor eine weitere Filteranordnung vorgesehen, die im Bereich der dem lokalen Maximum 163, 162 oder 161 entsprechenden Wellenlänge absorbiert, kann die Anpassung an die Augenempfindlichkeit 13 in diesem Bereich gegebenenfalls noch weiter verbessert werden.

30

Die Erfindung ist nicht als auf die Augenempfindlichkeit beschränkt, sondern auf alle vorgegebenen spektralen Empfindlichkeiten anwendbar anzusehen, die ein Maximum bei einer Wellenlänge  $\lambda_0$  aufweisen, und an die die Empfindlichkeit eines Strahlungsdetektors, welcher einen LED-Chip enthält angepasst werden kann. Sollte die Empfindlichkeit des LED-Chips in manchen Wellenlängenbereichen kleiner als die vorgegebene Empfindlichkeit sein, so können insbesondere auch optische Verstärkeranordnungen vorgesehen sein, die sich vorteilhaft auf die Anpassung der Detektorempfindlichkeit an die vorgegebene Empfindlichkeit auswirken.

Die Beschreibung der Erfindung anhand der Ausführungsbeispiele ist nicht als eine Beschränkung der Erfindung auf diese anzusehen. Vielmehr umfasst die Erfindung alle Kombinationen von Merkmalen, die in dem Ausführungsbeispiel, der sonstigen Beschreibung oder den Patentansprüchen genannt sind, auch wenn diese Kombinationen nicht Gegenstand eines Patentanspruchs sind.

Patentansprüche

1. Strahlungsdetektor zur Detektion von Strahlung gemäß einer vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung (14), die  
5 ein Empfindlichkeitsmaximum bei einer vorgegebenen Wellenlänge  $\lambda_0$  aufweist, wobei der Strahlungsdetektor mindestens einen LED-Chip (1) und mindestens einen dem LED-Chip (1) nachgeordneten optischen Filter umfasst,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- der LED-Chip (1) mindestens ein III-V-Halbleitermaterial enthält;
- der optische Filter Strahlung mit einer Wellenlänge absorbiert, die größer als die Wellenlänge  $\lambda_0$  des Empfindlichkeitsmaximums ist.

15

2. Strahlungsdetektor nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

die vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung (14) die des menschlichen Auges ist.

20

3. Strahlungsdetektor, der mindestens einen LED-Chip (1) umfasst, zur Detektion von Strahlung gemäß der spektralen Empfindlichkeitsverteilung (14) des menschlichen Auges,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

25 der LED-Chip mindestens ein III-V-Halbleitermaterial enthält.

4. Strahlungsdetektor nach Anspruch 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

der Strahlungsdetektor mindestens einen dem LED-Chip (1)

30 nachgeordneten optischen Filter umfasst und der optische Filter Strahlung mit einer Wellenlänge absorbiert die größer als die Wellenlänge  $\lambda_0'$  des Empfindlichkeitsmaximums des menschlichen Auges ist.

5. Strahlungsdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- 5 die Empfindlichkeit des LED-Chips (1) mindestens ein Maximum (13) bei einer Wellenlänge  $\lambda_1$  aufweist, wobei sich diese Wellenlänge um nicht mehr als 50 nm, bevorzugt nicht mehr als 15 nm, von der Wellenlänge  $\lambda_0$  beziehungsweise der Wellenlänge  $\lambda_0'$  abweicht.

6. Strahlungsdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- der Detektor eine Umhüllung (4) aufweist, die den LED-Chip  
15 (1) zumindest teilweise umgibt.

7. Strahlungsdetektor nach Anspruch 6,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- die Umhüllung (4) ein Harz, vorzugsweise ein Reaktionsharz,  
20 enthält.

8. Strahlungsdetektor nach Anspruch 6 oder 7,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- der optische Filter zumindest teilweise innerhalb, ausserhalb  
25 und/oder auf der Umhüllung (4) angeordnet ist und/oder das Umhüllungsmaterial selbst den Filter bildet.

9. Strahlungsdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- der optische Filter eine Mehrzahl von Filterpartikeln (5) umfasst.

10. Strahlungsdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
der LED-Chip (1) eine Filterschicht (3) aufweist.

5

11. Strahlungsdetektor nach Anspruch 10,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
die Filterschicht (3) Wellenlängen absorbiert, die kleiner  
als  $\lambda_0$  beziehungsweise  $\lambda_0'$  sind.

12. Strahlungsdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

15 weist, wobei bei einer beliebigen Wellenlänge die Differenz  
der entsprechenden Werte der Detektorempfindlichkeit (12) und  
der vorgegebenen Empfindlichkeit (14) kleiner als 40%, bevor-  
zugt kleiner als 25%, ist.

20

13. Strahlungsdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

das III-V-Halbleitermaterial  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$ ,  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$  oder  
 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{As}$ , jeweils mit  $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$  und  $x+y \leq 1$ , ist.

25

14. Strahlungsdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

30 die Emissionswellenlänge des LED-Chips (1) im roten Spektral-  
bereich liegt.

15. Verwendung eines Strahlungsdetektors nach einem der vor-  
hergehenden Ansprüche

als

Umgebungslichtsensor.

16. Verwendung eines Strahlungsdetektors nach einem der vor-  
5 hergehenden Ansprüche

zur

Steuerung einer Einflussnahme auf Vorrichtungen, deren Funktionsweise, Funktionszeitraum, Wahrnehmung und/oder Anwendung mit der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung in Verbindung steht.

17. Verwendung eines Strahlungsdetektors nach einem der vor-  
hergehenden Ansprüche

zur

- 15 Steuerung der Helligkeit von Beleuchtungseinrichtungen.

18. Verwendung eines Strahlungsdetektors nach einem der vor-  
hergehenden Ansprüche

zur

- 20 Steuerung der Helligkeit der Hinterleuchtung von LCD-  
Bildschirmen.

19. Verwendung eines Strahlungsdetektors nach einem der vor-  
hergehenden Ansprüche

25 zur

Steuerung der Helligkeit von Anzeigen.

20. Verwendung eines Strahlungsdetektors nach einem der vor-  
hergehenden Ansprüche

30 zur

Steuerung des Ein- oder Ausschaltzeitpunkts von Beleuchtungseinrichtungen.

## Zusammenfassung

### Strahlungsdetektor

5

Die Erfindung betrifft einen Strahlungsdetektor zur Detektion von Strahlung mit einer vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung (14), die ein Empfindlichkeitsmaximum bei einer vorgegebenen Wellenlänge  $\lambda_0$  aufweist wobei der Strahlungsdetektor bevorzugt ein III-V-Halbleitermaterial enthält und besonders bevorzugt mindestens einen LED-Chip (1) und mindestens einen dem LED-Chip nachgeordneten optischen Filter umfasst, wobei der LED-Chip mindestens ein III-V-Halbleitermaterial enthält und der optische Filter Strahlung  
15 mit einer Wellenlänge absorbiert, die größer als die Wellenlänge  $\lambda_0$  des Empfindlichkeitsmaximums ist.

Figur 1B



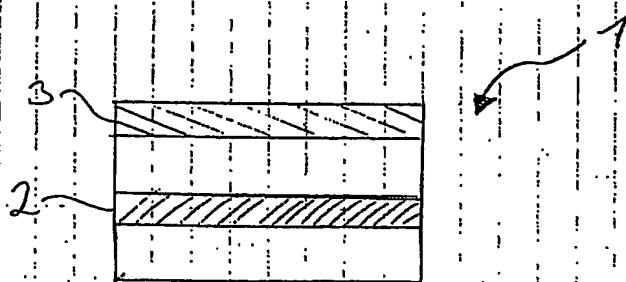


Fig 1A

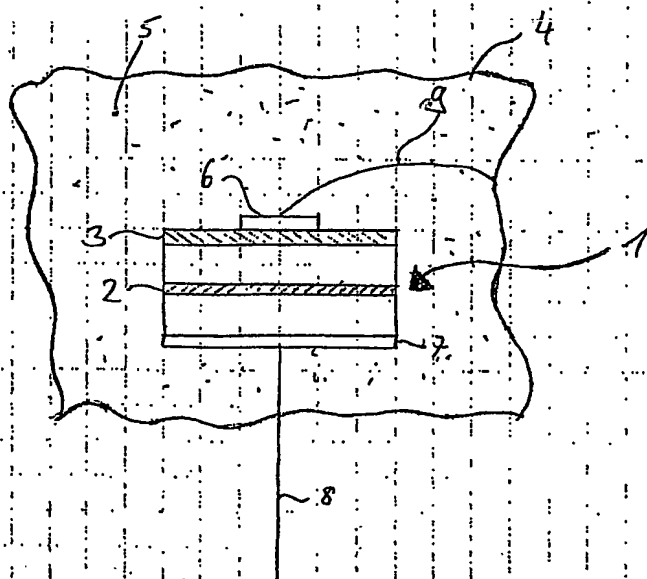


Fig 1B

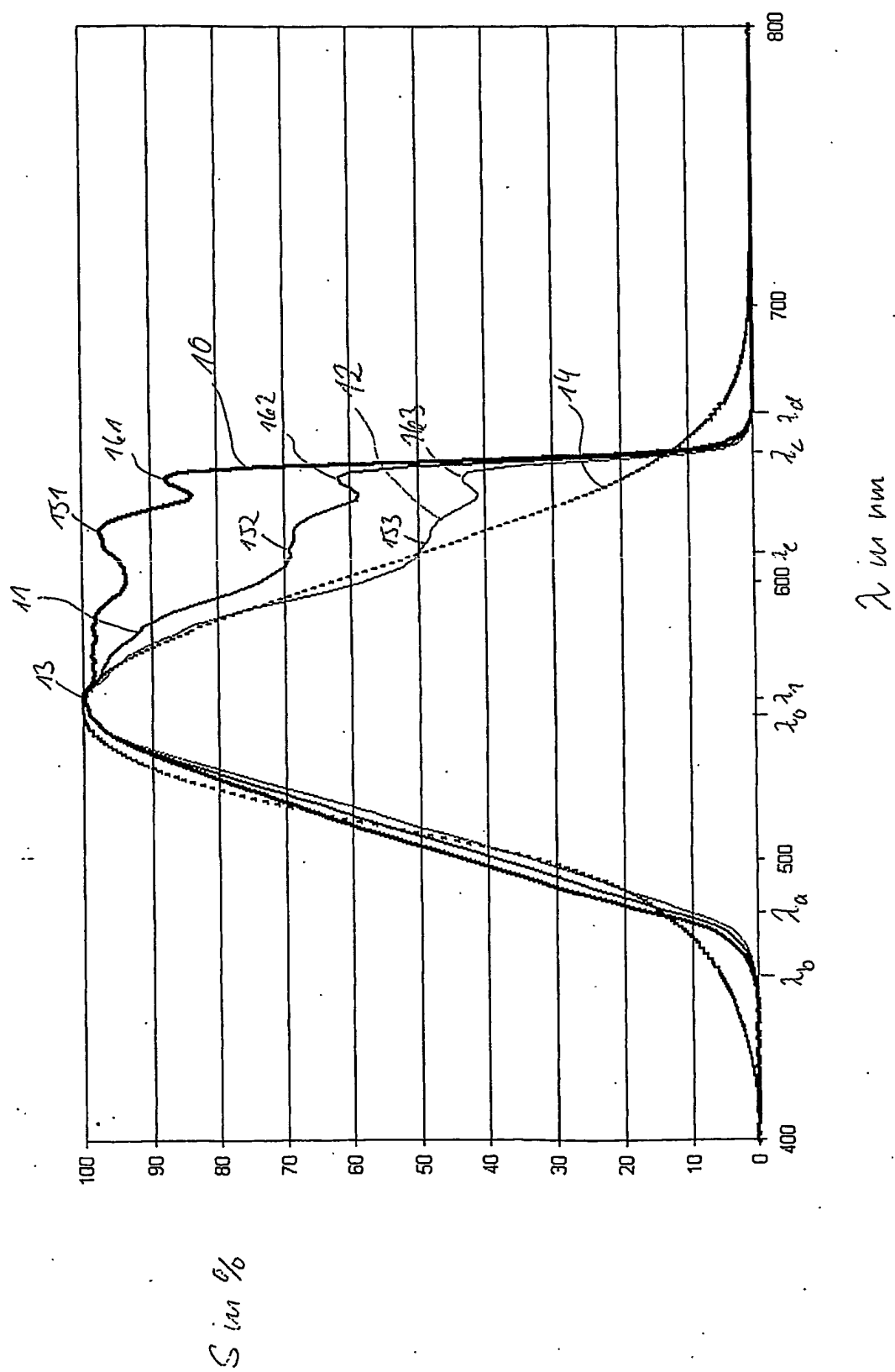


Fig. 2

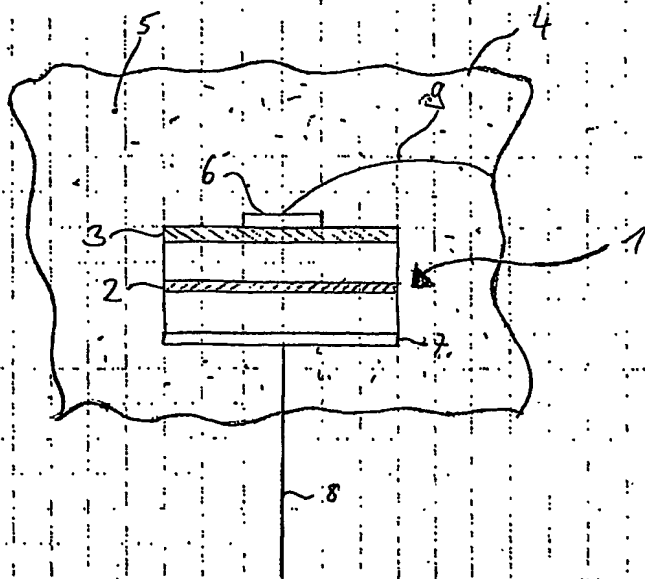


Fig 1B

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**